

УДК 624.131.3

DOI <https://doi.org/10.30970/vgl.40.02>

## ІНЖЕНЕРНО-ГЕОЛОГІЧНІ ВЛАСТИВОСТІ ГЛИН КОСІВСЬКОЇ СВІТИ ТЕРИТОРІЇ ЛЬВОВА ТА ЇХНЯ ЕКОЛОГІЧНА РОЛЬ

**Петро Волошин** <https://orcid.org/0000-0003-4193-6705>

**Ганна Бучацька** <https://orcid.org/0009-0008-2627-3767>

**Валентина Марусяк** <https://orcid.org/0009-0002-3156-9606>

*Львівський національний університет імені Івана Франка,  
вул. Грушевського, 4, Львів, Україна, 79005  
e-mail: petro.voloshyn@lnu.edu.ua; hanna.buchatska@lnu.edu.ua;  
valentyana.marusyak@lnu.edu.ua*

Глини косівської світи займають в межах міста великі за площею території. Вони у вигляді майже суцільного покриву шириною 3–5 км простягаються з південного-сходу від вул. Зеленої на північний захід до с. Рясна Руська. Загальна площа, яку займають глини перевищує 50 км<sup>2</sup>. Здебільшого глини знаходяться на глибинах 6–10 м від земної поверхні і лише на окремих ділянках вони залягають безпосередньо під ґрунтово-рослинним шаром чи техногенними ґрунтами. Потужність глин коливається від 1–3 до 20–25 м. Глиниста товща підстелюється гіпсо-ангідритами тираської світи, на ділянках їхнього розмиву – пісками, пісковиками та вапняками нижнього баденію, рідко мергелями верхньої крейди.

Базову основу досліджуваної товщі складають грудкуваті іноді аргілітоподібні тверді, напівтверді рідко тугопластичні, карбонатні глини. Головними глинистими мінералами є монтморилоніт, з домішками каолініту та гідролюди. В алевритистих, алевритових та алевритисто-піщаних відмінах фіксується значна кількість глауконіту. Вкрай високий ступінь неоднорідності літологічного та мінералогічного складу зумовлює широкий діапазон змін інженерно-геологічних властивостей глин. Так природна вологість глин змінюється від 13 до 99 %, число пластичності від 0,03 до 1,09, щільність природного ґрунту від 1,40 до 2,08 г/см<sup>3</sup>, коефіцієнт пористості від 0,47 до 2,71, ступінь наповнення пор від 0,54 до 100%. Глини з низьким ступенем наповнення пор є набрякаючими. Абсолютне значення показника вільного набрякання ( $\epsilon_{sw}$ ) ґрунту при його зволоженні сягає 0,058, величина тиску набрякання пересічно становить 0,48 МПа. Максимальне лінійне зсідання досягає 11%, об'ємне – 18%. Модуль деформації глин змінюються від 3 до 34 МПа. Кути внутрішнього тертя коливаються в інтервалі 10-30°, питоме зчеплення – 18-96 кПа. Низькі показники міцності глин є одним з визначальних чинників розвитку осувів. Коефіцієнт фільтрації піскуватих відмін змінюється в діапазоні 0,005-0,1 м/добу, високопластичних глин –  $1 \times 10^{-4}$ - $1 \times 10^{-5}$  м/добу, створюючи захисний бар'єр від техногенного забруднення водоносних горизонтів, що залягають під глинами, а також сповільнення процесів розвитку карсту.

*Ключові слова:* косівська світа, літологічний склад, мінералогічний склад, фізичні властивості ґрунтів, міцнісні властивості, деформаційні властивості, набрякання, зсідання, коефіцієнт фільтрації, осуви, карст.

**Постановка проблеми.** Забезпечення стійкості та функціональної придатності споруд і комфортних умов проживання людини у місті потребує ґрунтового вивчення складу, стану і фізико-механічних властивостей гірських порід, які відіграють роль підґрунтя

© Волошин П., Бучацька Г., Марусяк В., 2026



Стаття поширюється на умовах ліцензії відкритого доступу (CC BY 4.0)

фундаментів будівель та середовища розміщення заглиблених споруд. Важливим елементом геологічного середовища Львова є глини косівської світи верхнього баденію. Глиниста товща світи має високий ступінь просторової літологічної та мінералогічної неоднорідності. Їхня поведінка під фундаментами характеризується низкою специфічних особливостей. Зокрема здатністю до набрякання та зсідання при зміні вологості, розвитком осувів, підтоплення, суттєвим впливом на швидкість перебігу карстових процесів.

Усе це ставить на порядок денний питання ґрунтового вивчення закономірностей поширення, умов залягання, складу, фізико-механічних та фільтраційних властивостей косівських глин та їхньої екологічної ролі.

Як показує практика будівництва та експлуатації споруд у місті Львові, недооцінка цих властивостей часто призводить до суттєвого ушкодження та, нерідко, повної втрати їхньої експлуатаційної придатності.

**Аналіз останніх досліджень і публікацій.** Загальна характеристика відкладів косівської світи території Львова, її стратиграфічне положення, умови залягання наведено у публікації групи авторів [2], результати вивчення здатності глин до набрякання та зсідання подано у роботі [1], аналіз чинників розвитку осувних процесів та оцінка інженерного ризику в межах Передкарпаття відображено у монографії професора Г. І. Рудька зі співавторами [6]. Особливо слід відзначити ґрунтовні комплексні дослідження складу та інженерно-геологічних властивостей міоценових глин різних регіонів Польщі, відомим професором Варшавського університету Річардом Качинським та іншими авторами [8-10, 12, 13 та ін.]. В трактуванні польських дослідників це так звані краківецькі глини, назва яких походить від населеного пункту Краківець Львівської області, виділених вперше А. Ломницьким при складанні геологічного атласу Галичини [11]. Не зважаючи на значне поширення косівських глин в околицях міста Львова, суттєву шкоду, якої вони завдають інженерним спорудам, а також великий обсяг виконаних інженерно-геологічних досліджень для будівництва на території міста, інженерно-геологічні та екологічні властивості цього типу ґрунтів в українських літературних джерелах висвітлено недостатньо.

Детальне вивчення закономірностей поширення, умов залягання, складу та інженерно-геологічних властивостей глин косівської світи проведено нами при виконанні геолого-гідрогеологічних досліджень карстонебезпечної зони м. Львова, а також інженерно-геологічних розвідувань на ділянках розміщення окремих будівельних об'єктів, розташованих у її межах.

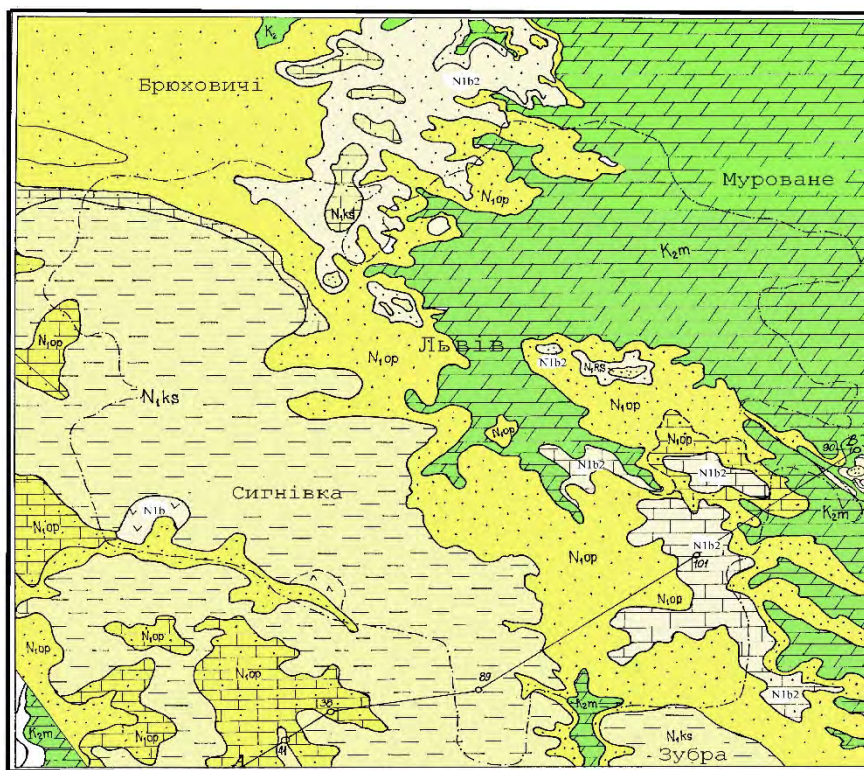
Головними завданнями досліджень були наступні:

- виявити закономірності поширення та умови залягання глин на тери торії міста;
- вивчити склад, водно-фізичні, міцнісні, деформативні та фільтраційні властивості глин;
- оцінити роль глин у розвитку осувів, підтоплення, карстово-суфозійних процесів, формуванні природної захищеності підземних вод.

**Виклад основного матеріалу.** Виконані дослідження показали, що глини косівської світи займають в межах м. Львова великі за площею території. Вони у вигляді майже суцільного покриву шириною 3-5 км простягаються з південного-сходу від вул. Зеленої на північний захід до с. Рясна Руська (рис. 1). Загальна площа, яку займають глини перевищує 50 км<sup>2</sup>. Ці відклади відсутні лише у межах глибоко врізаних долин річок і потоків. Вони повністю розмиті у днищі долини р. Зубри, Сокільницького, Холодновідківського, Білогірського та Руднянського потоків. На 2/3 території, яку займають глини вони залягають на розмитій поверхні гіпсо-ангідритів тираської світи. Поверхня гіпсів дуже нерівна, у багатьох місцях простежуються давні долини розмиву і розчинення. На окремих ділянках гіпси зовсім відсутні. У місцях розмиву гіпсо-ангідритів, глини залягають на пісках, пісковиках і вапняках опільської світи нижнього баденію. На невеликих за площею

ділянках, головню, у південно-східній частині Львова (у межах Сихівського житлового району) безпосередньо на розмитій поверхні відкладів верхньої крейди.

У межах Львівського плато глиниста товща перекривається майже суцільним плащем потужністю 6-10 м еолово-делювіальних лесовидних суглинків, які вміщують один-два горизонти викопних ґрунтів. В долинах струмків і балок північного заходу міста глини покриті потужною товщею водно-льодовикових і льодовикових відкладів, складених різнозернистими пісками і торфами. На Розточчі над глинами залягає шарувата еоловоделювіальна товща потужністю 4-8 м.

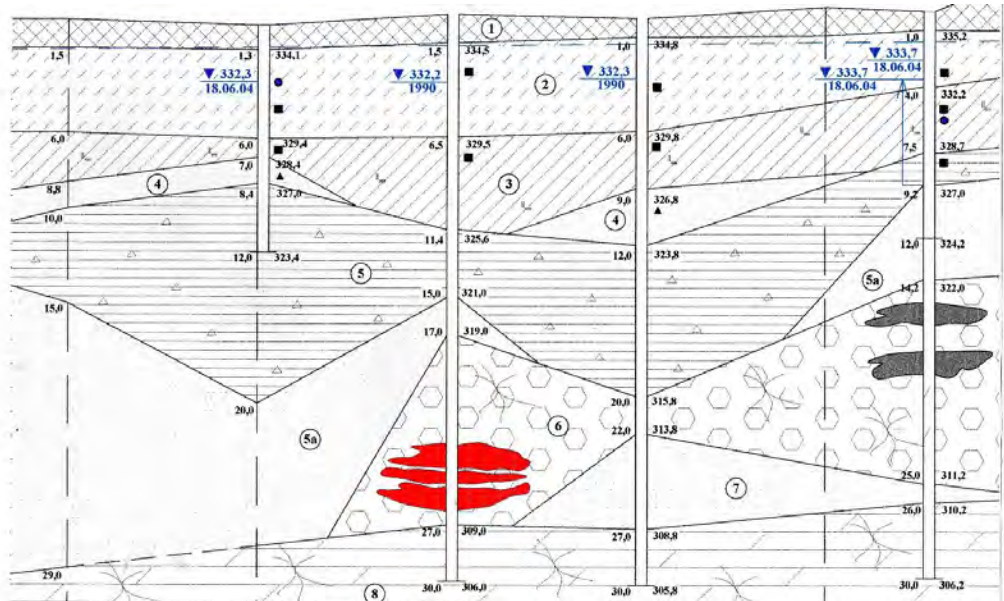


Карта складена за матеріалами Герасимова Л. С., ДГП "Західукргеологія" 1970р.

Масштаб 1 : 50 000  
500 м 0 м 1000 м 2000 м  
В 1 сантиметрі 500 метрів

**Рис. 1. Закономірності поширення глин косівської світи на території м. Львова:**  
*K<sub>2m</sub> – відклади маастрихтського ярусу верхньої крейди (мергелі); N<sub>1op</sub> – відклади опільської світи нижнього баденію (піски, пісковики, вапняки); N<sub>1tr</sub> – відклади тираської світи верхнього баденію (гіпси, вапняки); N<sub>1ks</sub> – відклади косівської світи верхнього баденію (глини)*

Потужність глин змінюється в широкому діапазоні від 1-3 до 20-25 м. Лише на одній ділянці у районі Сихівського житлового масиву вона перевищує 37,0 м. Товщина шару косівських відкладів визначається, головним чином, ступенем розчленування підстильної поверхні. У місцях давніх ерозійних врізів вона суттєво збільшується, а у межах локальних підняття навпаки скорочується. Наприклад, у межах центральної частини Львівського плато вона здебільшого не перевищує 5,0-10,0 м. Умови залягання косівських глин у районі вул. Наукової зображено на рис. 2.



**Рис. 2. Умови залягання глин у межах Львівського плато (вул. Наукова):**

*1 – техногенний ґрунт; 2 – сугісок лесовидний, пластичний ( $vd P_{III}$ ); 3 – сугінок лесовидний тугопластичний ( $vd P_{III}$ ); 4 – пісок пилуватий ( $vd P_{III}$ ); 5 – глина напівтверда ( $N_1 ks$ ); 5a – пісок пилуватий з прошарками глини ( $N_1 ks$ ); 6 – гілець з карстовими порожнинами ( $N_1 tr$ ) (червоне – наповнені водою, чорне – піщано-глинистим матеріалом); 7 – пісок дрібний ( $N_1 op$ ); 8 – пісковик ( $N_1 op$ )*

Слід зауважити, що у багатьох місцях спостерігається суттєва зміна потужності глин на віддалі декількох десятків метрів. Так на південному схилі Білогірського потоку (район с. Рясна-Руська) вона змінюється від 0 до 15 м і більше на віддалі лише 20-30 м.

Геологічний розріз косівської світи характеризується вкрай високим ступенем літологічної неоднорідності, що свідчить про дуже мінливі умови їхнього нагромадження. Базову основу досліджуваної товщі складають карбонатні глини, які формувалися у глибоководних умовах морського басейну. Глинистий розріз складений грудкуватими іноді аргілітоподібними твердими і напівтвердими, рідко тугопластичними, важкими глинами зеленувато, голубувато-жовтувато-сірого та темно-сірого кольору, рідше зустрічаються відміни шоколадного забарвлення [2]. Глини нерідко вміщують 2-15% необкатаних і погано обкатаних уламків літотамнієвого і хомогенного вапняку, лінзи і прошарки глауконіт-кварцового піску та пісковіку різного ступеню зцементованості. В тунелі каналізаційного колектора, що прокладався в районі вулиці Патона, на глибині 20,0 м від поверхні землі в товщі глин нами були виявлені гострокутні брили обкварцованого пісковіку, розміром до 1,0-1,5 м у поперечнику. У багатьох свердловинах зустрічаються численні прошарки дрібнозернистого пісковіку, потужністю від 0,5-1,0 до 2,0 м, іноді більше. На окремих ділянках у нижній частині розрізу фіксується жорстка гіпсу. У товщі глин виявлено гнізда, лінзи та прошарки товщиною до 1,0-1,8 м бентоніту, який утворюється в результаті звітрянання вулканічних туфів. Просторових закономірностей їхнього поширення не виявлено. Місцями у верхній та нижній частинах глинистої товщі зустрічаються досить однорідні, майже без включень уламкового матеріалу сірі, голубувато-сірі, темно-сірі та шоколадного забарвлення відміни глин. У глибокому котловані в районі вул. Роксоляни в глинах було виявлено сліди гляціодислокацій.

Залежно від кількості та розмірів уламкового матеріалу серед різновидів глин виділяють: 1) власне глини (з вмістом кластичного матеріалу не більше 5%); 2) алевритисті глини (вміст кластичного матеріалу коливається від 5 до 25%); 3) алевритові глини (кількість кластичного матеріалу варіює від 25 до 50%); 4) алевритово-піщані глини (містять кластичного матеріалу понад 50%). Найбільшим поширенням користуються власне глини, менше – алевритисті та алевритово-піщані відміни. Іноді в зразках спостерігається макро-структурна шаруватість, зумовлена перешаруванням названих відмін.

Мінералогічний склад глин тісно пов'язаний з літологією і великою мірою залежить від ступеню їхньої глинистості. Найбільш глинисті відміни характеризуються високим вмістом монтморилоніту. Із зростанням алевритової та піщаної складових його вміст суттєво зменшується. Натомість з'являється значна кількість кварцу, польового шпату, слюди, рудних мінералів тощо. У більшості глинистих відмін, особливо алевритово-піщаних присутня значна кількість глауконіту. Окремо слід звернути увагу на значне поширення у глинистих товщах так званих бентонітів, які є різновидом монтморилонітових глин [7]. При чітко підпорядкованому їхньому розвитку у вигляді малопотужних лінз і прошарків, рідше в тонкодисперсній формі, бентоніт має істотний вплив на валовий мінералогічний і хімічний склад, а також на інженерно-геологічні властивості порід. Макроскопічно бентоніт суттєво відрізняється від вмісних порід. Це сірі, жовті, бурі глини. Вони мають блискучу поверхню та раковистий злам, характеризуються високою сорбційною здатністю, дуже пухкі, мають низькі показники механічних властивостей. Бентоніти утворюються, головним чином, внаслідок розкладання вулканічних туфів і попелу [7].

*Фізичні властивості глин.* Природна вологість глин визначалась згідно вимог [5]. За даними лабораторних досліджень вона змінюється у широкому діапазоні. Абсолютні її значення коливаються від 13 до 99%. Найнижчі значення були зафіксовані у північній та північно-західній частині Львівського плато, найвищі – у його центральній частині. Високі значення вологості, які перевищують 50%, притаманні літологічно однорідним відмінам глин з прошарками бентоніту. Відносно невисокі їхні значення (25-35%) характерні, головню, літологічно неоднорідним (з домішками піску) пачкам глин.

Статистична обробка результатів лабораторних досліджень, зокрема визначення величини коефіцієнта варіації вказують на суттєву мінливість природної вологості навіть на невеликих за площею ділянках. Подекуди коефіцієнт варіації суттєво перевищує допустимі норми неоднорідності. Наприклад, на ділянці по вул. Петлюри, і Янева він досягає 31-39%, що у 1,5-2,0 рази перевищує допустимі значення і потребує додаткового розчленування глинистого масиву на дрібніші, однорідніші складові. Просторовий аналіз значень природної вологості глин як у плані, так і за глибиною, вказує на відсутність зв'язку між ними. Основними показниками, які контролюють вологість глин є їхній літологічний і мінералогічний склад: наявність домішок піску знижує її, а бентоніту – суттєво підвищує.

Для оцінки пластичності глин вивчали вологість на межі текучості і межі пластичності, згідно ДСТУ Б В.2.1-17:2009 [5]. Абсолютне значення вологості на межі текучості змінюється від 22 до 102%. Вологість на межі текучості, як і природна вологість, суттєво залежить від літологічного і мінералогічного складу. Мінімальні її значення притаманні піскуватим відмінам глин, максимальні – бентонітовим.

Середнє значення цього показника коливається від 0,26 до 0,60. Суттєво змінюється і показник варіації, він коливається від 2% в районі вул. Янева до 37% на вул. Городоцькій. Підвищені значення коефіцієнта варіації зумовлені головним чином високим ступенем літологічної неоднорідності, яка викликана переважно різним ступенем піскуватості глин.

Вологість на межі пластичності змінюється від 0,13 до 0,93. Мінімальні значення цього показника зафіксовано на тих же ділянках, де і мінімальні значення вологості на

межі текучості. Середні значення вологості змінюються від 0,15 до 0,33. Мінімальні – характерні для району вул. Пасічної, максимальні – вул. Янева.

Коефіцієнти варіації цього показника також доволі високі та коливаються від 7 до 31%. Вони також вказують на підвищену літологічну неоднорідність глин. Добре виражені просторові закономірності змін вологості на межі пластичності відсутні.

Число пластичності – це розрахунковий показник, який визначають як різницю між вологістю на межі текучості і вологістю на межі пластичності. Число пластичності досліджуваного району змінюється від 0,03 до 1,09. Тобто у глинистій товщі за числом пластичності виділяються: супіски з числом пластичності 1-7; суглинки – 7-17; глини – 17 і більше. Тобто на території Львова товща косівських глин складена усім спектром глинистих ґрунтів. Найменші значення числа пластичності притаманні піскуватим глинам та глинам з гніздами і прошарками піску, максимальні – бентонітовим глинам.

Середнє значення числа пластичності змінюється від 0,11 до 0,30. Мінімальні середні значення виявлені в районі вул. Пасічної, максимальні в районі вул. Пулюя-Наукової. Чітко виражених закономірностей зміни числа пластичності у просторі не встановлено.

Коефіцієнти варіації числа пластичності глин характеризуються високими значеннями, які змінюються від 18 до 75%. Це також підтверджує тезу про високий ступінь внутрішньої неоднорідності глинистої товщі, зумовленої, перш за все, змінами їхнього літологічного і мінералогічного складу.

Щільність глин природної вологості визначалась методом ріжучого кільця згідно вимог [5]. Результати дослідження численних проб засвідчили, що щільність глин природної вологості змінюється від 1,43 до 2,08 г/см<sup>3</sup>. Величина цього показника залежить не лише від щільності упаковки частинок ґрунту, але й від природної вологості, літологічного і мінералогічного складу. Мінімальні значення цього показника (1,43 г/см<sup>3</sup>) було виявлено в районі вул. Стрийської, для бентонітової відміни глин, максимальні (2,08 г/см<sup>3</sup>) – в районі розташування колишнього заводу телеграфної апаратури. Яскраво виражених закономірностей зміни цього показника з глибиною не виявлено (рис. 3).

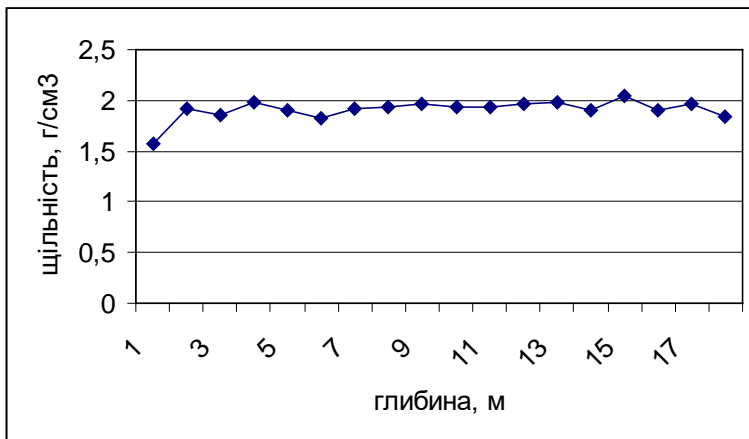


Рис. 3. Графік залежності щільності ґрунтів від глибини

Коефіцієнт варіації щільності змінюється від 2 до 10% і по окремих районах перевищує допустимі значення (5%) у два рази, що потребує збільшення кількості проб для її вивчення.

Зі щільністю ґрунту природної вологості тісно корелюють такі показники, як щільність сухого ґрунту, коефіцієнт пористості та ступінь вологості.

Значення щільності сухого ґрунту змінюються від 0,72 до 1,83 г/см<sup>3</sup>. Мінімальні величини притаманні чистим бентонітовим глинам і зафіксовані в районі вулиць Стрийська-Наукова, а максимальні – піскуватим і зустрічаються в районі локомотивного депо, вул. Пасічної та Сихівському районі.

Коефіцієнти пористості коливаються в широкому діапазоні від 0,47 до 2,71. Найвищі значення, як і найнижча щільність, зафіксовані у чистих бентонітах, найнижчі – в алевритових та алевритово-піщаних глинах. Коефіцієнт варіації цього показника змінюється від 11 до 58% при допустимому значенні 15%, тобто на окремих ділянках вони у 2-3 рази перевищують допустимі значення і потребують виділення ґрунтів з максимальними значеннями коефіцієнта пористості в окремі ПГЕ.

Ступінь насичення пор водою глин досліджуваного району змінюється від 0,54 до 1,00, що характеризує їх в одних випадках як маловологі (0,5-0,8) і насичені водою. Здебільшого глини залягають нижче рівня ґрунтових вод і відносяться до категорії насичених водою. Натомість у межах Левандівського виступу Львівського плато (вул. Суботівська, Олесницького, Сяйво тощо) та його південній частині (вул. Пасічна), а також південно-східних схилах Розточчя (вул. Клепарівська) вони залягають у зоні аерації і характеризуються здатністю до набрякання та зсідання.

*Деформативні властивості.* Серед багатьох показників деформативних властивостей ґрунтів нами вивчався одометричний модуль деформації та параметри набрякання та зсідання глин згідно [3, 4].

Результати одометричного випробування стисливості глин відібраних у різних районах міста засвідчили, що компресійний модуль деформації за абсолютною величиною змінюється у широких межах від 3 до 34 МПа при середньому значенні 12 МПа. Такий широкий діапазон змін, з нашої точки зору, пояснюється змінами літологічного, мінералогічного складу, консистенції та щільності глин. Зі збільшенням коефіцієнта пористості, підвищенням консистенції і більшою кількістю глинистих частинок, модуль деформації зменшується і навпаки, із зростанням їхньої піскуватості, зменшенням коефіцієнта пористості та консистенції значення модуля деформації суттєво зростають. Бентонітові глини характеризуються дуже низьким модулем деформації, який коливається від 3,0 до 10,0 МПа при середньому значенні 5,0 МПа. Такі низькі абсолютні показники зумовлені високою природною вологістю, яка досягає майже 100%, коефіцієнтами пористості, що нерідко перевищують 2,5. За такого значення модуля деформації бентонітові глини відносять до слабких сильно стисливих ґрунтів. Слід також зазначити високий ступінь мінливості глин за цією ознакою у межах окремих об'єктів. По більшості досліджених ділянок значення коефіцієнта варіації перевищує 30%, а по деяких із них досягає 58%. Добре виражених закономірностей змін модуля деформації у плані і за глибиною не виявлено.

Проведеними дослідженнями встановлено, що показники набрякання та зсідання притаманні глинам, які залягають у зоні аерації і характеризуються відносно низькою природною вологістю (менше 25-27%), незначним наповненням пор водою (менше 0,80), достатньо низькими, як для глин, (0,65-0,75) коефіцієнтами пористості, відносно високим (понад 10-15%) вмістом монтморилоніту. Проведені випробування обмеженої кількості проб показали, що абсолютне значення показника вільного набрякання ( $\epsilon_{sw}$ ) ґрунту при його зволоженні сягає 0,058, величина тиску набрякання пересічно становить 0,48 МПа, максимальне лінійне зсідання досягає 11%, об'ємне – 18%, вологість на межі зсідання становить 10% [1].

*Міцнісні властивості глин.* Міцнісні характеристики глин визначалися за схемою консолідованого дренажного зрізу згідно [4]. Результати виконаних досліджень засвідчили, що кут внутрішнього тертя змінюється в широкому діапазоні від 10 до 30°, питоме зчеплення від 18 до 96 кПа.

Мінімальне значення кута внутрішнього тертя ( $10^\circ$ ) мають бентонітові глини з найвищою для досліджуваного району природною вологістю (99%), пластичністю (1,02) та коефіцієнтом пористості (2,71). Натомість максимальні значення кута внутрішнього тертя відповідають глинам з достатньо низькою природною вологістю (менше 30%), пластичністю (0,50) та коефіцієнтом пористості (0,87). Мінімальні значення зчеплення зумовлені підвищеною піскуватістю глин, максимальні – достатньо високим значенням пластичності і вищою щільністю. Середнє значення питомого зчеплення становить 38 кПа, що вказує на загалом високе значення цього показника. Графік залежності середніх, для території м. Львова, показників згинаючих зусиль від вертикального навантаження наведено на рис. 4.

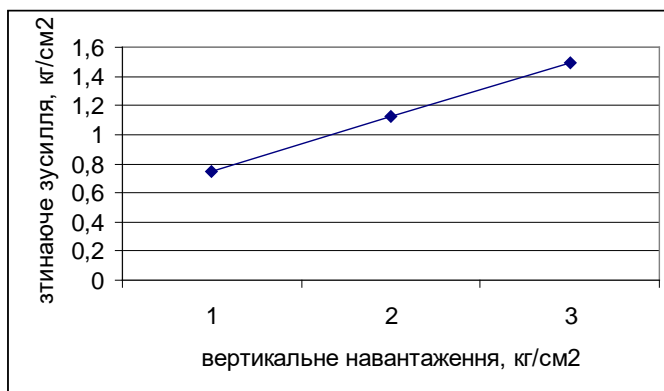


Рис. 4. Графік залежності середніх для території м. Львова значень згинаючих зусиль від вертикального навантаження

Яскраво виражених просторових закономірностей змін міцнісних властивостей глин на території міста не виявлено.

*Фільтраційні властивості.* Дослідження фільтраційних властивостей косівських глин польовими і лабораторними методами показало, що їхні коефіцієнти фільтрації суттєво залежать від літологічного складу. Піскуваті відміни та глини з прошарками піску характеризуються коефіцієнтами фільтрації, які змінюються від 0,005 до 0,1 м/добу. Однорідні, високопластичні глини мають коефіцієнт фільтрації  $1 \times 10^{-4}$  –  $1 \times 10^{-5}$  м/добу. За величиною коефіцієнта фільтрації їх відносять до категорії водотривких порід.

Враховуючи те, що піскуваті відміни і прошарки пісків по суті є закритими (ізолюваними одні від одних) масиви косівських глин відносять до категорії водотривів.

Низка специфічних властивостей глин косівської світи таких як висока дисперсність, низькі показники міцності (особливо бентонітових), низькі фільтраційні властивості, висока чутливість до зволоження, залягання вище базису ерозії, створюють сприятливі передумови для активного розвитку осувів. На ділянках близького від поверхні залягання глин при влаштуванні будівельних котлованів часто можна спостерігати осуви у їхніх бортах. Такий осув із захопленням верхньої частини товщі глин потужністю понад 1,0 м відбувся у будівельному котловані, розташованому в північній частині Львівського плато на вул. Роксоляни (рис. 5).

Однією з ділянок сильно вражених осувами є правий схил долини Вулецького потоку по вул. Сахарова. Тут глини залягають під лесоподібними, піскуватими супісками на глибині 4-8 м. Поверхня глин нахилена у бік днища долини, утворюючи прекрасну площину ковзання, змочену водою, сформованого над глинами водоносного горизонту

потужністю 2-3 м. При будівництві гуртожитку Львівського політехнічного інституту відбувся осув ґрунту, об'ємом понад 2 тис м<sup>3</sup>, який створив загрозу руйнування уже збудованої у нижній частині схилу споруди. Для стабілізації осувного тіла споруджено підтримуючу конструкцію у вигляді підпірної стінки (рис. 6).



**Рис. 5. Осувне зміщення глин в будівельному котловані (вул. Роксоляни)**

До категорії осувонебезпечних відносять і ділянку схилу між трамвайним депо по вул. Сахарова і вул. Горбачевського. Для запобігання розвитку осувних процесів біля підніжжя схилу вздовж трамвайної колії влаштована потужна підпірна стінка у вигляді буронабивних паль.

Потенційно зсувонебезпечними є також схили долини р. Зубри, Сокільницького та Холодновідківського потоків, де косівські глини також залягають вище базису ерозії.



**Рис. 6. Підпірна стінка біля підніжжя осувного тіла по вул. Сахарова**

Присутність у геологічному розрізі на невеликій глибині водотрив кого шару глин створює передумови для активного розвитку одного з несприятливих геологічних процесів – природного і техногенного підтоплення. Їхній розвиток супроводжується забрудненням підземних вод, активізацією сучасних морфодинамічних процесів (осувів, карсту, суфозії тощо), зволоженням і затопленням заглиблених приміщень, зниженням несучої здатності порід, трансформацією і вторинним засоленням ґрунтів, змінами видового складу, структури та продуктивності рослинного покриву, підвищенням сейсмічності території. Найбільші за площею ареали техногенного підтоплення приурочені до центральної, західної та північно-західної частини Львівського плато, які мають найсприятливіші природні умови для його розвитку та потужне антропогенне навантаження на геологічне середовище.

Присутність косівських глин, над товщею гіпсо-ангідритів суттєво зменшує вірогідність проникнення агресивних до гіпсів вод четвертинного водоносного горизонту і зменшує ризик розвитку карстово-суфозійних процесів.

Маючи низькі фільтраційні властивості і значну потужність, косівські глини є надійним екраном на шляху міграції техногенних забруднень у підземні води, які є джерелом для питного водопостачання.

Наведені вище інженерно-геологічні характеристики косівських глин території м. Львова у загальних непогано корелюють з аналогічними показниками, отриманими для території Польщі.

Висновки та перспективи подальшого дослідження

1. Відклади косівської світи верхнього баденію є одним з найпоширеніших генетичних типів ґрунтів, які слугують підґрунтям фундаментів будівель і споруд.

2. Глинистий товщі притаманний високий ступінь просторової неоднорідності літологічного і мінералогічного складу, та інженерно-геологічних властивостей.

3. Поведінка глин при будівельному освоєнні території їхнього поширення характеризується низкою специфічних особливостей. Зокрема здатністю глин до набрякання та зсідання при зміні вологості, розвитком осувів, підтоплення, суттєвим впливом на швидкість перебігу карстових процесів.

4. Завдяки низьким показникам фільтраційних властивостей, глини слугують надійним захисним екраном від техногенного забруднення продуктивних для питного водопостачання водоносних горизонтів.

Подальші дослідження косівських глин будуть спрямовані на вивчення впливу процесів звітрювання на міцнісні та деформативні властивості глин, особливо на їхню здатність до набрякання і зсідання.

### СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

1. Волошин П., Кремінь Н. Деформаційні властивості міоценових глин околиць Львова (за показниками набрякання та зсідання). *Вісник Львівського університету. Серія геологічна*. 2022. Вип. 35. С. 15–24. Режим доступу: <http://doi.org/10.30970/vgl.36.02>
2. Волошин П.К., Марусяк В. П., Бучацька Г. М. Відклади косівської світи верхнього баденію – важлива складова геологічного середовища території Львова. Проблеми геології України. Збірник наукових праць. Відп. ред. С. І. Ціхонь, Львів, 2025. С. 111-114.
3. ДСТУ Б В.2.1-11:2009. Основи та підвалини будинків і споруд. Ґрунти. Методи лабораторного визначення властивостей набухання та усадки. 2009. 25 с.
4. ДСТУ Б В.2.1-4-96. Ґрунти. Методи лабораторного визначення характеристик міцності і деформованості. Київ, 1996. 101 с.
5. ДСТУ Б В.2.1-17:2009. Основи та підвалини будинків і споруд. Ґрунти. Методи лабораторного визначення фізичних властивостей. 2009. 36 с.

6. Гошовський С. В., Рудько Г. І., Преснер Б. М. Екологічна безпека техноприродних геосистем у зв'язку з катастрофічним розвитком геологічних процесів. Київ, 2002. 624 с.
7. Лазаренко Є. К. Курс мінералогії /вид. 2 доповнене. Київ, 1970. 600 с.
8. Kaczynski R. Warunki geologiczno-inzynierskie na obszarze Polski. Warszawa: PanstwowyInstytut Geologiczny-Panstwowy Instytut Badaczy. 2017. 396 s.
9. Kaczynski R. Inzyniersko-geologiczna ocena wpływu powierzchni osłabienia w ilach krakowieckich na statecznosc zboczy rejonu Tarnobrzega. *Biul.Geol. UW* . 1977. Vol. 22. S. 5-60.
10. Kaczyński R. Wytrzymałość i odkształcalność górnomiocenijskich ilów zapadliska przedkarpackiego. *Biuletyn Geologiczny*. 1981. Vol. 29, S.105–193.
11. Lomnicki A. M. (1898) Atlas Geologiczny Galicji z. X cz. II. Krakow.
12. Wilk K. Analiza scislivosti warstwowych ilow krakowieckich. *Przegland Geologiczny*. 2014. Vol. 62.nr. 5. S. 250–256.
13. Krol P., Matusiewicz W. Okreslanie cisnienia pnczenia ilow krakowieckich na podstawie wlasciwosci fizycznych gruntow. *Inzynieria i Budownictwo*. 2009. R 65. nr. 3.S. 163-165.

#### REFERENCES

1. Voloshyn, P., Kremin, N.(2022). Deformatsiini vlastyvoli miotsenovykh hlyn okolyts Lvova (za pokaznykamy nabriakannia ta zsidannia). *Visnyk Lvivskoho universytetu. Seriiia heolohichna*. Vyp. 35. S. 15–24. Rezhym dostupu: <http://doi.org/10.30970/vgl.36.02>
2. Voloshyn, P.K., Marusiak, V. P., Buchatska, H. M. (2025). Vidklady kosivskoi svity verkhnoho badeniia – vazhlyva skladova heolohichnoho seredovyscha terytorii Lvova. *Problemy heolohii Ukrainy*. Zbirnyk naukovykh prats. Vidp. red. S. I. Tsikhon, Lviv. S. 111–114.
3. DSTU B V.2.1-11:2009. Osnovy ta pidvalny budynkiv i sporud. Grunty. Metody laboratornoho vyznachennia vlastyvolei nabukhannia ta usadky. 25 s.
4. DSTU B V.2.1-4-96. Hrunty. Metody laboratornoho vyznachennia kharakterystyk mitsnosti i deformovanosti. Kyiv. 101 s.
5. DSTU B V.2.1-17:2009. Osnovy ta pidvalny budynkiv i sporud. Grunty. Metody laboratornoho vyznachennia fizychnykh vlastyvolei. 36 s.
6. Hoshovskyi, S. V., Rudko, H. I., Presner, B. M. (2002). Ekolohichna bezpeka tekhnopryrodnykh heosystem u zviazku z katastrofichnym rozvytkom heolohichnykh protsesiv. Kyiv. 624 s.
7. Lazarenko, Ye. K. (1970). Kurs mineralohii /vyd. 2 dopovnene. Kyiv, 1970. 600 s.
8. Kaczynski, R. (2017). Warunki geologiczno-inzynierskie na obszarze Polski. Warszawa: PanstwowyInstytut Geologiczny-Panstwowy Instytut Badaczy. 396 s.
9. Kaczynski, R. (1977). Inzyniersko-geologiczna ocena wpływu powierzchni osłabienia w ilach krakowieckich na statecznosc zboczy rejonu Tarnobrzega. *Biul.Geol. UW*, 1977. Vol. 22. S. 5–60.
10. Kaczyński R.(1981). Wytrzymałość i odkształcalność górnomiocenijskich ilów zapadliska przedkarpackiego. *Biuletyn Geologiczny*. Vol. 29. S.105–193.
11. Lomnicki, A. M. (1898). Atlas Geologiczny Galicji z. X cz. II. Krakow.
12. Wilk, K. (2014). Analiza scislivosti warstwowych ilow krakowieckich. *Przegland Geologiczny*. Vol. 62.nr. 5. S. 250–256.
13. Krol, P., Matusiewicz, W. (2009). Okreslanie cisnienia pnczenia ilow krakowieckich na podstawie wlasciwosci fizycznych gruntow. *Inzynieria i Budownictwo*. R 65. nr. 3. S. 163–165.

## ENGINEERING-GEOLOGICAL PROPERTIES OF THE KOSIV FORMATION CLAYS IN THE LVIV AREA AND THEIR ENVIRONMENTAL ROLE

**Petro Voloshyn, Hanna Buchatska, Valentyna Marusyak**

*Ivan Franko National University of Lviv, 4, Hrushevskoho Str., Lviv, Ukraine, 79005*  
*e-mail: petro.voloshyn@lnu.edu.ua; hanna.buchatska@lnu.edu.ua;*  
*valentyna.marusyak@lnu.edu.ua*

The clays of the Kosiv Formation (suite) cover a large area within the city. They form an almost continuous cover 3–5 km wide, extending from the southeastern area near Zelena Street to the northwestern outskirts toward the Ryasne-Ruska village. The total area occupied by these clays exceeds 50 km<sup>2</sup>. The clays generally occur at depths of 6–10 m below the ground surface and only locally lie directly beneath the soil-vegetation layer or technogenic deposits. The thickness of the clay deposits varies from 1–3 m to 20–25 m. The clayey strata overlie the gypsum–anhydrite deposits of the Tyras Formation; in areas of their erosion, they overlie on sands, sandstones, and limestones of the Lower Badenian, and more rarely – on marls of the Upper Cretaceous.

The main part of the studied stratum is composed of cloddy, occasionally argillite-like, hard to semi-hard, rarely medium plastic carbonate clays. The principal clay minerals are montmorillonite, accompanied by minor amounts of kaolinite and hydro-mica. Significant amounts of glauconite are present in the silty, silty–sandy, and silty–sandy–gravelly facies. The extremely high heterogeneity of the lithological and mineralogical composition determines a wide range of variations in the engineering-geological properties of the clays. Thus, the natural moisture content of the clays varies from 13 to 99%, the plasticity index – from 0.03 to 1.09, the density of the natural soil – from 1.40 to 2.08 g/cm<sup>3</sup>, the porosity coefficient – from 0.47 to 2.71, and the degree of pore saturation – from 0.54 to 100%. Clays with a low degree of pore saturation exhibit swelling behavior. The soil exhibits an absolute free swelling index ( $E_{s,w}$ ) of up to 0.058 upon wetting, with an average swelling pressure of 0.48 MPa. The maximum linear shrinkage of the clays is 11%, while the volumetric shrinkage reaches 18%. The clays exhibit a deformation modulus ranging from 3 to 34 MPa. The clays exhibit internal friction angles of 10–30° and cohesion values ranging from 18 to 96 KPa. The low strength of the clays is a major factor in landslide formation. The filtration coefficient of sandy varieties ranges from 0.005 to 0.01 m/day, whereas that of highly plastic clays ranges from  $1 \times 10^{-4}$  to  $1 \times 10^{-5}$  m/day, thereby forming a protective barrier against anthropogenic contamination of the underlying aquifers and slowing the development of karst processes.

*Key words:* Kosiv Formation (suite), lithological composition, mineralogical composition, physical properties, strength properties, deformation properties, soil swelling, Soil shrinkage, filtration coefficient, landslides, karst.

Дата першого надходження статті до видання: 20.01.2026  
Дата прийняття статті до друку після рецензування: 27.03.2026  
Дата публікації (оприлюднення) статті: 29.05.2026